Uninterruptible Power Supply

Een UPS, zoals een dergelijk apparaat wordt genoemd, beschermt uw vitale apparatuur tegen netspanningsuitval. Nuttig, nu de 100 % leveringszekerheid van het elektriciteitsnet steeds vaker ter discussie staat.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl

Publicatiedatum: 06-02-2024

Wat is een Uninterruptible Power Supply?

Kennismaking met het begrip '*UPS*'
'UPS' is het letterwoord van '***U**ninterruptible **P**ower **S**upply*' ofwel een 'niet te onderbreken voedingsapparaat'. Deze letterlijke vertaling geeft meteen ook de werking weer. Een UPS wordt opgenomen tussen de bestaande voedingsaansluiting van een apparaat en het apparaat zélf. Het UPS zorgt ervoor dat, als om de een of andere reden de bestaande voedingsaansluiting spanningsloos wordt, het apparaat tóch gevoed wordt en dus blijft werken.

Een aantal toepassingsvoorbeelden
Nu de 100 % leveringszekerheid van het Nederlandse elektriciteitssnet steeds vaker ter discussie staat wordt het voor steeds meer gebruikers nuttig en soms zelf noodzakelijk om een UPS in te schakelen. Wij noemen een paar voorbeelden waarbij het gebruik van een UPS zeer handig of zelfs absoluut noodzakelijk is:

- U hebt een terrarium dat op een bepaalde temperatuur moet worden gehouden. De netspanning valt weg, dankzij een 230 V UPS kunt u de temperatuur nog minstens één uur op peil houden en de bewoners van uw terrarium in leven.
- 's Avonds gaan de elektrisch bediende rolluiken naar beneden. Als de netspanning uitvalt moet u de rolluiken met de mechanische handbediening openen. Dank zij een 230 V UPS kunt u de rolluiken tóch snel elektrisch openen.
- U hebt een modem dat via een netstekker voeding uit 12 V_{dc} wordt gevoed. Als u dit modem voedt via een 12 V UPS hebt u in ieder geval ook bij netuitval toegang tot het internet met uw laptop via uw WiFi-netwerk.
- Als u uw gasgestookte CV-ketel voedt via een 230 V UPS blijft dit apparaat werken als de netspanning zou uitvallen.
- U hebt een aantal zuinige LED-lampen die uw huis 's nachts verlichten en die moeten blijven branden als de netspanning wegvalt.
- U bewaakt uw huis met een of meerdere IP-camera's die altijd onder spanning moeten blijven en hun beelden moeten doorsturen via internet.

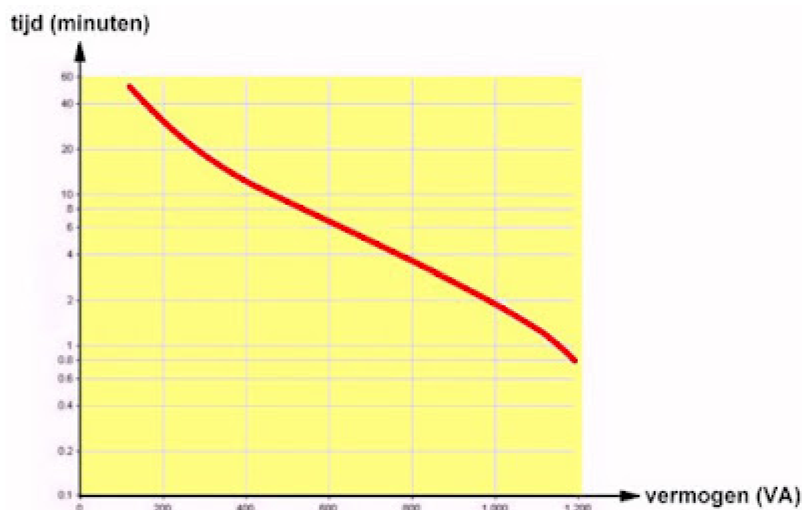
Twee soorten van UPS
Er bestaand twee soorten Uninterruptible Power Supplies. De eerste soort wordt verbonden met een 230 V aansluiting en levert altijd 230 V aan het apparaat dat u op het UPS hebt aangesloten. De tweede soort wordt verbonden met de bestaande gelijkspanning netstekkervoeding van een apparaat en levert altijd de nooodzakelijke gelijkspanning aan het op het UPS aangesloten apparaat.

Het 230 V UPS
Een dergelijk apparaat wordt op de normale netspanning aangesloten, zet deze om naar een 12 V of 24 V gelijkspanning, laadt hiermee een accu op, zet de accuspanning via een elektronische schakeling weer om in een 230 V wisselspanning en voedt hiermee uw kritische apparaten. Door al die spanningsomzettingen worden stoorsignalen op het net effectief onderdrukt. Onderdrukken is zelfs het verkeerde woord: een goed 230 V UPS '*herschept*' volledig onafhankelijk van de buitenwereld een mooie en zuivere 230 V ~ 50 Hz wisselspanning.
Met opzet wordt het woord '*goed*' in de vorige zin gebruikt. Dergelijke apparatuur is duur en vandaar dat er allerlei halve oplossingen op de markt zijn verschenen, die minder complex en goedkoper zijn, maar niet op de beschreven ideale manier de netspanning '*herscheppen*'.
De 230 V UPS apparaten zijn over het algemeen omvangrijk en duur. De prijs hangt voor een belangrijk deel af van het vermogen dat zij kunnen leveren en van hun backup-tijd. Die laatste grootheid geeft aan hoe lang zij hun maximale vermogen aan de aangesloten apparatuur kunnen leveren. Daar moet u zich niet al te veel van voorstellen. Vaak bedraagt de backup-tijd maar een paar minuten bij vol vermogen. Dat vermogen wordt in de meeste gevallen genoteerd als een aantal VA (VoltAmpère) in plaats van in W (Watt), omdat dat gebruikelijk is als er een wisselstroom vermogen wordt gespecificeerd. In de onderstaande afbeelding hebben wij een aantal van dergelijke UPS apparaten voor u op een rijtje gezet. Van links naar rechts:
- 650 VA, tien minuten backup-tijd, voor ongeveer € 80,00
- 950 VA, een minuut backup-tijd, voor ongeveer € 123,00
- 2.200 VA, een minuut backup-tijd, voor ongeveer € 278,00
- 5.000 VA, tien minuten backup-tijd, voor ongeveer € 4.500,00



Vier 230 V Uninterruptible Power Supplies. (© 2024 Jos Verstraten)

Overigens neemt de backup-tijd uiteraard toe als u niet het maximale vermogen, maar veel minder vermogen van de UPS afneemt. Ter illustratie ziet u in de onderstaande grafiek het verband tussen de reële backup-tijd en het afgenomen vermogen van een 1.200 VA UPS met een backup-tijd van één minuut. Als u dit apparaat belast met slechts 100 VA neemt de backup-tijd toe tot vijftig minuten!

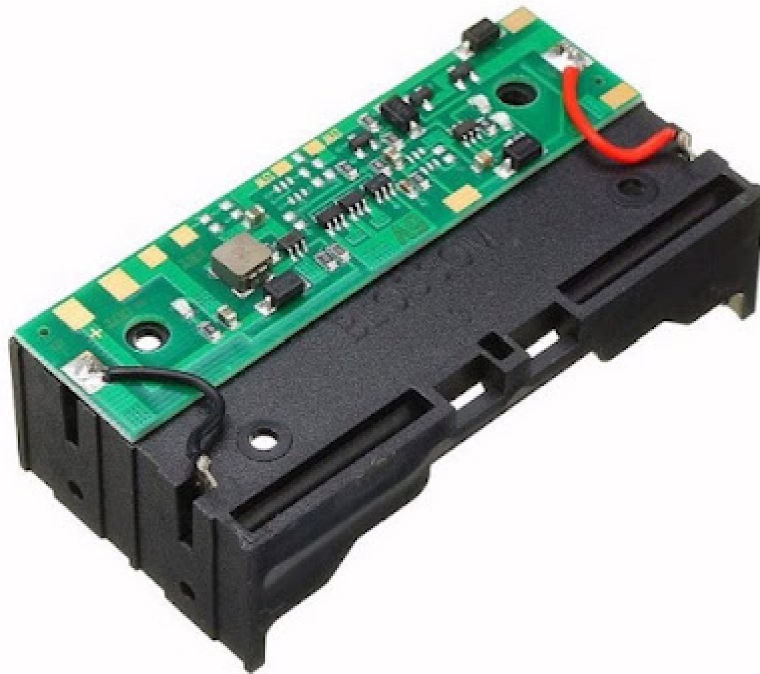


Het DC UPS
Tegenwoordig zit uw huis vol met apparaten die uit een netstekker voeding worden gevoed en dus een connector hebben waar geen 230 V wisselspanning in moet, maar bijvoorbeeld 5 V_{dc} of 12 V_{dc}. Het is dan nogal een omweg om zo'n apparaat te voeden uit een 230 V UPS. Vandaar dat men ook Uninterruptible Power Supplies heeft ontwikkeld die u wél op het 230 V moet aansluiten, maar op hun uitgang geen 230 V leveren maar 5 V_{dc} of 12 V_{dc}. Met zo'n DC UPS kunt u er bijvoorbeeld voor zorgen dat uw kabelmodem altijd onder spanning blijft en, ook bij netuitval, het WiFi-netwerk in uw huis blijft werken.
Dergelijke UPS zijn uiteraard veel goedkoper dan hun 230 V soortgenoten omdat er veel minder elektronica in zit en zij ook veel minder vermogen moeten kunnen leveren. In de onderstaande foto ziet u als voorbeeld de 3SM36 van Eaton. Dit apparaat moet u aansluiten op een 230 V_{ac} wandcontactdoos, kost ongeveer € 50,00 en levert een 12 V_{dc} uitgangsspanning met een vermogen van maximaal 36 W.



De 3SM36 van Eaton. (© Bol.com)

Uiteraard zijn er goedkopere oplossingen beschikbaar. Als voorbeeld ziet u in de onderstaande foto een Chinese module die u aansluit op een 5 V_{dc} netstekkervoeding en die hieruit twee 18650 lithiumbatterijen oplaadt. Op de uitgang van de module staat weer een 5 V_{dc} spanning ter beschikking. Een dergelijke module heeft u al voor ongeveer € 5,00 in huis, echter zonder de twee 18650 lithiumbatterijen die u extra moet kopen.



Een 5 V_{dc} UPS die twee 18650 lithiumbatterijen nodig heeft.
(© Banggood)

230 V Uninterruptible Power Supplies

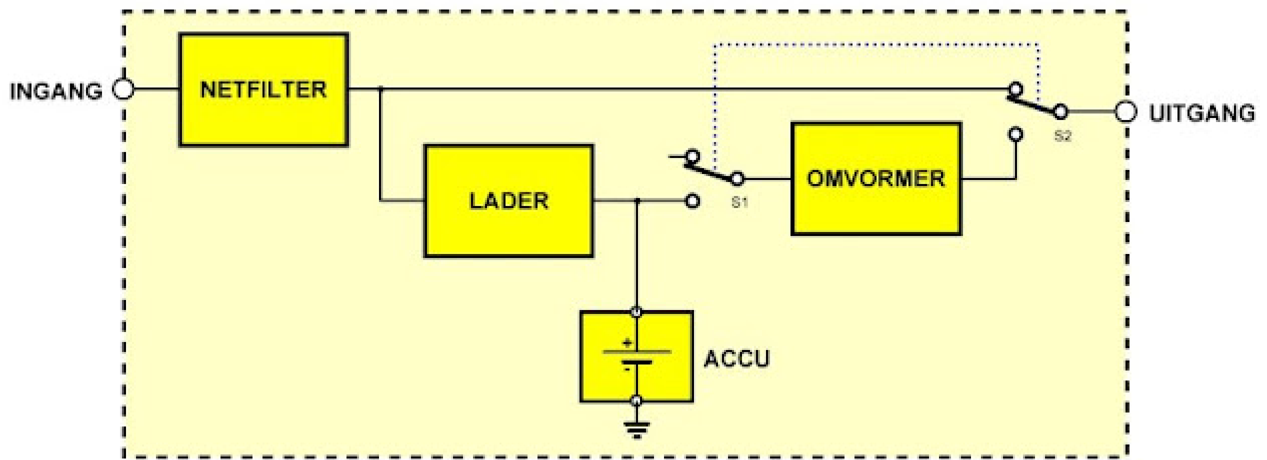
Werkingsprincipes
Als u zich nader verdiept in de technologie en het marktaanbod van 230 V UPS-apparatuur komt u al snel tot de conclusie dat ook hier met indrukwekkende begrippen wordt gesmeten die bij nadere beschouwing weinig voorstellen. Fabrikanten hanteren kreten als '*off-line*', '*on-line*', '*quadruple convertion*', '*quasi on-line*', '*smart boost*', '*smart trim*' en '*net-interactief*' zonder dat duidelijk is wat hiermee precies bedoeld wordt.
Door het bestuderen van de blokschema's van aangeboden apparatuur kunt u echter tot de volgende grote indeling komen:
- Off-line technologie.
- Net-interactieve technologie.
- On-line technologie.
- On-line technologie met automatische bypass.

De minimale samenstelling van een 230 V UPS
230 V UPS-apparatuur moet per definitie de onderstaande schakelingen bevatten:

- Een schakeling die detecteert of de netspanning wel of niet aanwezig is en die, bij wegvallen van deze spanning, zo snel mogelijk maatregelen treft.
- Een alarmschakeling die een optisch of akoestisch alarm geeft op het moment dat de netspanning verdwijnt.
- Een accu, 12 V of 24 V, die de voedingsbron wordt van de aangesloten apparatuur of dit alleen doet als de netspanning wegvalt.
- Een acculader, die uit de netspanning een gelijkspanning afleidt om de accu op te laden.
- Een omvormer, een schakeling die de 12 V of 24 V van de accu omzet in de 230 V wisselspanning waarmee de aangesloten apparatuur wordt gevoed.

De off-line technologie

Het principe van de off-line technologie
Het principe van deze apparatuur is geschetst in de onderstaande figuur. Deze apparatuur maakt gebruik van het eenvoudigst mogelijke principe en is dus vrij goedkoop. Onder normale omstandigheden wordt de netspanning rechtstreeks aan de aangesloten verbruikers aangeboden (schakelaars in de getekende stand). Wél is een netfilter aanwezig, dat storingspieken op de netspanning in min of meerdere mate verwijdert. Vaak treft u in dit blokje ook een overspanningsafleider aan, die de aangesloten apparatuur beschermt tegen grote inductieve spanningspieken op het net, die bijvoorbeeld ontstaan bij blikseminslag in de buurt.
Via een gelijkrichter en laadschakeling wordt de ingebouwde accu op volle lading gehouden. Als de netspanning wegvalt wordt dit door een ingebouwde schakeling gedetecteerd en worden beide schakelaars zo snel mogelijk omgeschakeld.
De omvormer begint te werken en voedt vanaf dat moment de aangesloten apparatuur met 230 V wisselspanning.



Het werkingsprincipe van de off-line technologie. (© 2024 Jos Verstraten)

Nadelen van de off-line technologie
Het grote nadeel van het off-line principe is dat de verbruikers via een schakelaar met ofwel de reguliere netspanning ofwel de door de UPS gegenereerde namaak netspanning worden verbonden. Schakelaars schakelen niet oneindig snel om! Afhankelijk van de zorg die de ontwerpers aan het ontwerp van de schakeling besteden, betekent dit dat de aangesloten apparatuur tussen 1 ms en 10 ms zonder spanning zit.
Nu is dat voor de voeding van uw desktop PC geen ramp, de voedingsunits in computers kunnen een netuitval van een dertigtal milliseconden zonder problemen overbruggen. In die units zitten namelijk grote elektrolytische condensatoren over de uitgangsspanningen. Populair gezegd kunt u dergelijk onderdelen opvatten als kleine accu's, die in staat zijn de +3,3 V, +5 V, -5 V, +12 V en -12 V gelijkspanningen waar iedere PC op leeft even uit hun eigen '*voorraad*' aan te leveren.
Voor andere verbruikers kan dat echter niet met stellige zekerheid worden beweerd. Zeker apparatuur die gevoed wordt uit netstekker voedingen, zoals modems, printers en netwerk-hub's, hebben dergelijke grote elektrolytische condensatoren niet aan boord.
In feite zou iedere leverancier van apparatuur verplicht moeten worden om in de specificaties van zijn producten aan te geven hoe lang de apparatuur blijft werken als de netspanning wegvalt. Dat zal er echter wel nooit van komen!
Een tweede nadeel van off-line is dat de aangesloten apparatuur weliswaar via een filter met de netspanning is verbonden, maar dat het maar de vraag is of dit filter goed genoeg is om alle storingspieken voldoende te onderdrukken.

De uitgangsspanning
230 V UPS-apparaten die werken volgens het off-line principe zijn goedkoop. Dat heeft ook consequenties voor de vorm van de 230 V wisselspanning die wordt geleverd. In principe zou een dergelijk apparaat een mooie sinusvormige spanning moeten leveren, net zoals de ideale

netspanning. Dat is echter een dure grap en u zult dit soort uitgangsspanning alleen aantreffen bij de duurdere apparatuur. Goedkope apparaten leveren een blokvormige spanning, waarvan de effectieve waarde gelijk is aan 230 V. Ook zijn er apparaten die een driehoekvormige of een trapeziumvormige spanning leveren. Misschien denkt u dat dit niet zo best is voor de voedingsschakelingen in de aangesloten apparatuur. Dat valt echter wel mee. Voedingsschakelingen in PC's en aanverwante apparatuur zijn best in staat goed te blijven werken als zij even gevoed worden door iets dat alleen met veel fantasie opgevat kan worden als een sinusvormige spanning. De extra warmte-ontwikkeling die ontstaat door de niet ideale sinusvorm kan gemakkelijk afgevoerd worden. Bovendien zijn alle moderne apparaten voorzien van iets dat '*geschakelde voeding*' wordt genoemd. Hierbij wordt de netspanning onmiddellijk gelijkgericht en nadien via ingewikkelde technieken omgezet in de standaard gelijkspanningen. Voor die primaire gelijkrichter maakt het niets uit of de netspanning een mooie sinus is of iets dat er alleen op lijkt.

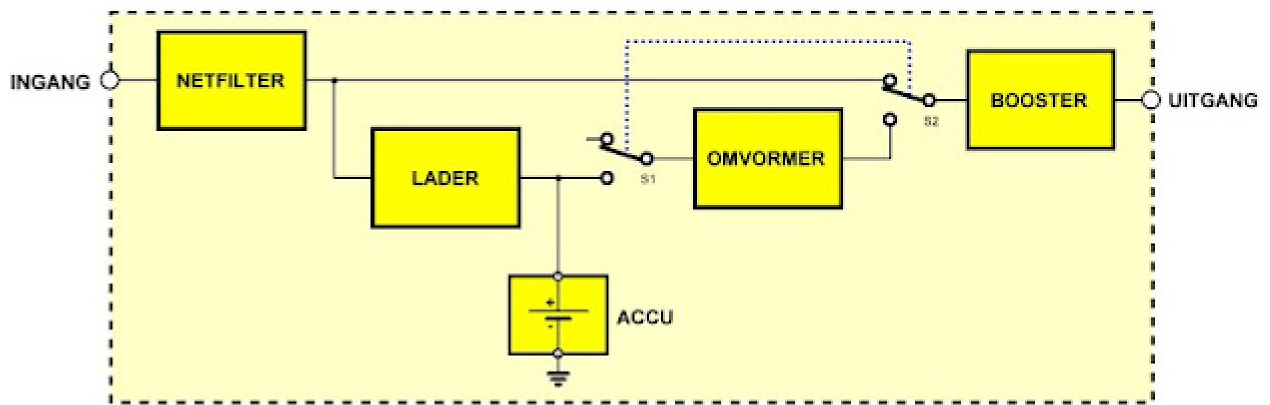
Het rendement van een off-line 230 V UPS
Het rendement van een UPS is de verhouding tussen het vermogen dat er uit komt en het vermogen dat er wordt ingestopt. Zowel de accculader als de omvormer zijn schakelingen die per definitie een laag rendement hebben. Behalve de hoge stroomkosten heeft dit als bezwaar dat er flink wat warmte in de schakelingen wordt opgewekt, warmte die door grote koelplaten en/of ventilatoren moet worden afgevoerd. Maar omdat de lader bij de offline technologie de lading van de accu alleen op pijl moet houden (de accu wordt immers alleen in het zeldzame geval van netuitval gebruikt) kan een lader met klein vermogen worden ingebouwd. Het koelvraagstuk is dan niet aan de orde.
Voor de omvormer geldt een soortgelijk verhaal. Ook dit apparaat wordt alleen ingeschakeld in noodgevallen en werkt dan, afhankelijk van de capaciteit van de accu, 5 tot 15 minuten. De warmte die in deze korte gebruikstijd wordt gegenereerd kan dan gemakkelijk worden afgevoerd met traditionele koeltechnieken zoals een grote koelplaat op de behuizing.

De net-interactieve technologie

Het principe
De net-interactieve technologie is ontwikkeld om drie zwakke punten van de offline technologie te verbeteren:

- Het '*tijdgat*' in de voedingsvoorziening, veroorzaakt door de omschakelaars in de off-line apparatuur, elimineren.
- Het extra conditioneren van de uitgangsspanning.
- Alle stoorpulsen die via het net binnenkomen op een veel effectievere manier onderdrukken.

Het toverwoord hierbij is '*magnetische booster*' (spreek uit '*boester*'). Zoals uit het blokschema van de onderstaande figuur blijkt is in de uitgang van de UPS een extra blok elektronica opgenomen. Hierin zit een magnetische booster.
In principe kunt u zo'n booster vergelijken met een accu, met als enig (maar zeer fundamenteel) verschil dat de energie niet onder elektrische, maar onder magnetische vorm wordt opgeslagen. Die booster ontvangt zijn primaire energie onder elektrische vorm uit het net of uit de omvormer van de UPS. Die elektrische energie wordt in de booster door een spoel omgezet in magnetische energie die wordt opgeslagen in een zware ijzeren kern in de spoel. De magnetische energie wordt nadien in een tweede spoel weer omgezet in elektrische energie.



Het werkingsprincipe van de net-interactieve technologie. (© 2024 Jos Verstraten)

Voordelen van de net-interactieve technologie
Het inbouwen van die magnetische booster heeft volgende voordelen:

- De in de booster opgeslagen magnetische energie kan de belasting ongeveer 30 milliseconde van netspanning voorzien, die tijd is dus groot genoeg om het omschakelen van de contacten in de UPS te overbruggen. Het systeem zit dus geen milliseconde zonder spanning en zelfs de gevoeligste schakelingen merken niets van de omschakeling van de netbron.
- Magnetische energie verandert heel traag van waarde. Allerlei zeer smalle stoorpulsen op de netspanning '*verdrinken*' als het ware in die blubberige poel van magnetische energie in de booster. Door bliksem geïntroduceerde smalle maar grote stoorpulsen hebben al helemaal geen kans om de dubbele omzetting elektrische naar magnetische naar elektrische energie te overleven. Het gevolg is dat een net-interactieve UPS het systeem afdoende beschermt tegen blikseminductie en tegen allerlei andere vormen van storingen op de netspanning.
- Door de traagheid in de verandering van de magnetische energie in de booster wordt de soms nogal rare uitgangsspanning van de omvormer van de UPS afgevlakt en gaat veel meer op de ideale sinusspanning lijken.
- Door het introduceren van een magnetische booster ontstaat er per definitie een wat genoemd wordt '*galvanische scheiding*' tussen het systeem en de netspanning. Die scheiding zorgt ervoor dat er geen spanningsverschillen kunnen ontstaan tussen de aardingslippen van de stopcontacten waarop apparatuur wordt aangesloten. Zeker bij grote systemen, waar bijvoorbeeld een netwerkprinter in een ander lokaal én op een andere zekeringgroep staat, kan dat een groot voordeel betekenen.
- De basiswerking van een net-interactieve UPS is vergelijkbaar met deze van een off-line systeem. De accu en de omvormer worden alleen ingeschakeld as het écht nodig is, de elektronica van de acculader en de omvormer kunnen dus bescheiden blijven.

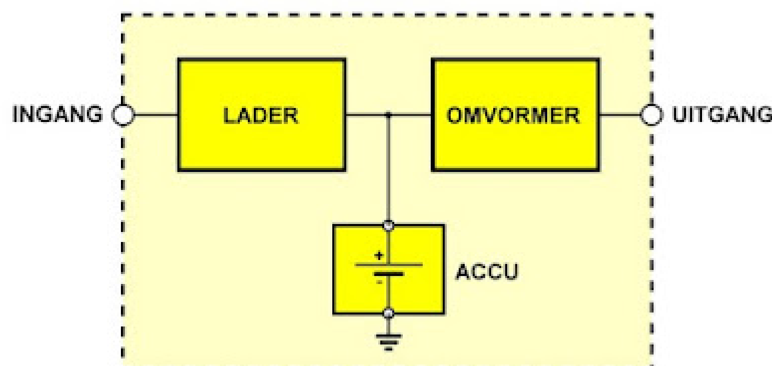
Nadelen van de net-interactieve technologie
Net-interactieve UPS apparatuur is per definitie behept met een paar nadelen van de off-line systemen. Zo moet extra elektronica aanwezig zijn om de conditie van de accu en de omvormer regelmatig te testen. Ook het onbewust te veel belasten van het systeem door de aanschaf van nieuwe of extra apparatuur is nog steeds mogelijk.

Conclusie
Net-interactieve UPS-technologie levert in theorie een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de off-line technologie. In hoeverre die verbeteringen ook in de praktijk gelden is echter in grote mate afhankelijk van de zorg die is besteed aan het ontwerp van de elektronische booster. Dat is een dure schakeling omdat er nogal wat ijzer en koper in de boostertrafo verwerkt zit. Sommige fabrikanten gaan hierop bezuinigen, waardoor de opslagcapaciteit voor de magnetische energie kleiner wordt en de grote voordelen van het principe dan toch weer verloren gaan.

De on-line technologie

Het principe

De on-line technologie is het paradepaardje van iedere UPS-fabrikant. Zoals uit het onderstaande schema blijkt bevat een on-line systeem géén schakelaars. De te beveiligen apparatuur wordt altijd uit de omvormer van de UPS gevoed. Dat betekent dus de accu steeds zwaar belast wordt en dat de ingebouwde acculader natuurlijk in staat moet zijn die grote belastingsstroom te leveren.
Daar komt echt heel wat bij kijken! Stel een systeem dat 500 VA moet leveren. Dat betekent dat de 230 V uitgang een maximale stroom van ongeveer 2 A moet kunnen leveren. Die 500 VA uitgangsvermogen moet natuurlijk uit de accu komen.
Als die een spanning van 24 V levert betekent dit de accu continu belast wordt met een stroom van minimaal 25 A. Die stroom moet natuurlijk ook door de acculader geleverd worden en daar is heel wat elektronica voor nodig. Een tweede consequentie van het principe is dat zowel de acculader als de omvormer continu, 24 uur per dag, werken. Zoals reeds geschreven zijn dat schakelingen die een extreem laag rendement hebben. Logisch gevolg is veel warmte die nu niet opgeslagen en nadien afgevoerd kan worden in en via koelplaten, maar met behulp van ventilatoren moet worden weggeblazen.



Het werkingsprincipe van de on-line technologie.
(© 2024 Jos Verstraten)

Echte sinus

Als laatste principiële eigenschap van het on-line principe kan nog vermeld worden dat de fabrikanten er alles aan doen om de uitgangsspanning van de omvormer zo veel als technisch mogelijk is op een ideale sinus te laten lijken. Dat is een absolute voorwaarde. Nu wordt immers de belasting continu gevoed uit de uitgangsspanning van de omvormer. Als die nu een blokvormige of trapeziumvormige spanning zou leveren, zoals bij off-line apparatuur vaak het geval is, dan zou de extra warmte-ontwikkeling in de voedingstrafo's van de apparaten op termijn tot oververhitting leiden.
Het ontwerpen van schakelingen die 500 VA aan zuiver sinusvermogen genereren is echter iets dat men maar beter niet overlaat aan de beroemde hobbyist op zijn zolderkamertje.
Kortom, het zal wel duidelijk zijn dat UPS-apparatuur die volgens het on-line principe werkt kostbaar is! Als voorbeeld ziet u op de onderstaande foto model C400 van CertaUPS met een maximaal vermogen van 3.000 VA en een backup-tijd van dertig minuten bij een belasting met 650 W. Voor dit apparaat betaalt u ongeveer € 1.500,00.



Een voorbeeld van een on-line 230 V UPS. (© bol.com)

De voordelen van de on-line technologie
In het kort de voordelen van de on-line technologie op een rijtje:

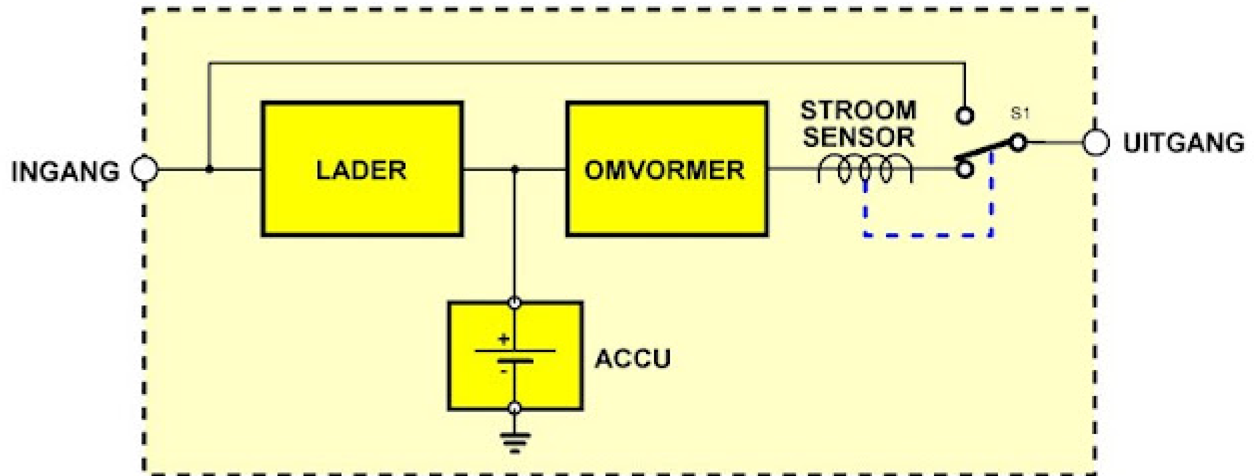
- De vorm van de uitgangsspanning van de omzetter is een zuiverder sinus dan deze die de netspanning levert.
- De frequentie van de gegenereerde spanning is uiterst nauwkeurig en stabiel gelijk aan 50,00 Hz.
- Storingen op de netspanning verschijnen niet op de voedingskabels van de aangesloten apparatuur.
- Er bestaat geen gevaar voor blikseminductie.
- De gegenereerde netspanning is galvanisch gescheiden van het elektriciteitsnet.
- Stoorsignalen die binnen zouden kunnen komen via de aardingsdraad van het net verschijnen niet op de uitgang.

De on-line technologie met automatische bypass

Een beperking van de on-line technologie
Een 230 V UPS die werkt volgens de on-line technologie is ideaal voor het voeden van een constante belasting, dus apparatuur die 24 uur per dag met het net is verbonden en een vrijwel constant vermogen verbruikt. Een dergelijk apparaat is echter niet goed bestand tegen plotseling optredende piekbelastingen, want dan zal de uitgangsspanning een korte maar ferme dip vertonen. Zo'n piekbelasting kan optreden als u een apparaat inschakelt. De piekstroom kan onder ongunstige omstandigheden een factor vier hoger zijn dan de normale stroom. Daar is de zuivere-sinus omvormer in een on-line UPS niet op berekend en het gevolg is dat de uitgangsspanning een paar honderd milliseconde lang flink daalt. De ontwerpers staan dus voor de keuze of de schakeltrappen in de omvormer zwaar te overdimensioneren hetgeen extra geld kost, of iets geheel nieuws te verzinnen.

Een bypass brengt de oplossing
Niet alleen voor hartpatiënten, maar ook voor on-line UPS-apparatuur die niet tegen inschakelstromen kan. Zoals uit het onderstaande schema blijkt, bevat een dergelijk apparaat

nu opeens weer zo'n vervelende omschakelaar. Die schakelaar staat echter vrijwel steeds in de onderste stand en dan is er geen verschil tussen een gewone on-line schakeling en een met bypass. Alleen bij een plotseling optredende zware piekbelasting merkt een stroomsensor dat de UPS overbelast dreigt te worden en schakelt de schakelaar naar de bovenste stand. De voedingsspanning van de apparatuur wordt dan weer uit het net betrokken en dat net heeft geen enkele moeite met piekstromen. Even later schakelt de schakelaar weer terug naar de onderste stand en werk de schakeling weer als een normaal on-line UPS.



Het werkingsprincipe van de on-line technologie met bypass. (© 2024 Jos Verstraten)

Het grote nadeel van het systeem

Dat is onmiddellijk duidelijk als u het schema even goed bekijkt. Als de netspanning wegvalt en net op dát moment een piekbelasting op de uitgang van de UPS optreedt komt de aangesloten apparatuur even zonder voeding te staan. Dan gedraagt die dure on-line UPS zich als zijn goedkope soortgenoot die werkt volgens het off-line principe.